

BAB III
PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN DESAIN RANGKA
DAN *BODY*

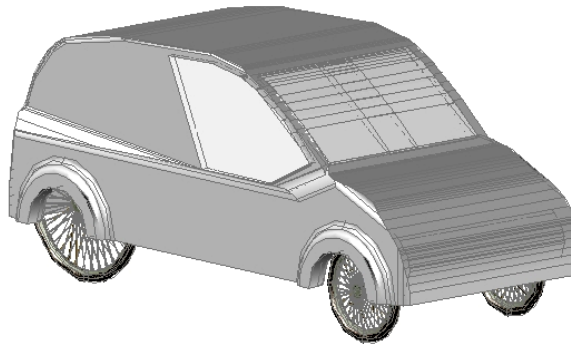
3.1 Diagram Alir Proses Perancangan

Data proses perancangan kendaraan hemat bahan bakar seperti terlihat pada diagram alir berikut ini :



Gambar. 3.1 Diagram Alur Perancangan dan Perhitungan

3.2 Data dan Spesifikasi Kendaraan



Gambar 3.2 Kendaraan Hemat Bahan Bakar

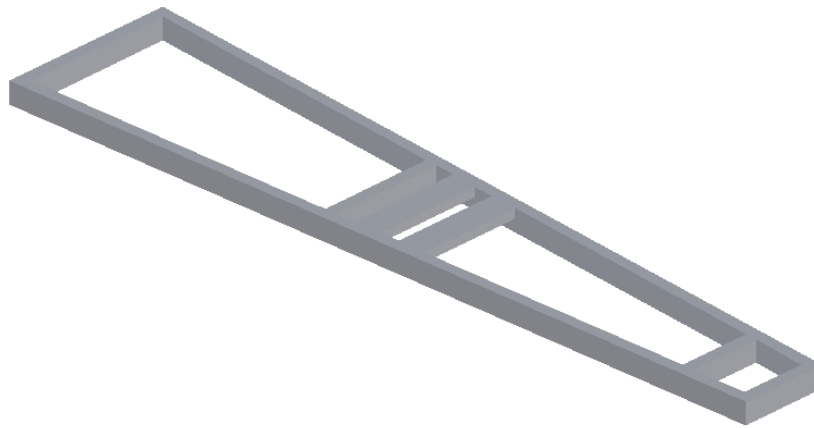
Perencanaan kendaraan ini menggunakan mesin 4 langkah yang telah dimodifikasi. Spesifikasi rangka kendaraan yang rencana akan dibuat :

- a. Panjang = 200 cm
- b. Lebar = 80 cm
- c. Tinggi = 110 cm
- d. Jarak sumbu = 142 cm

3.3 Penghitungan Rangka

Perancangan rangka ini dirancang seringkasan mungkin untuk mengurangi beban yang berlebih pada rangka, tapi dalam perancangan tetap memperhitungkan segala aspek yang diperlukan dalam perancangan. Selain itu dalam pembuatan kendaraan ini juga mempertimbangkan proses perawatan yang sangat penting untuk suatu kendaraan.

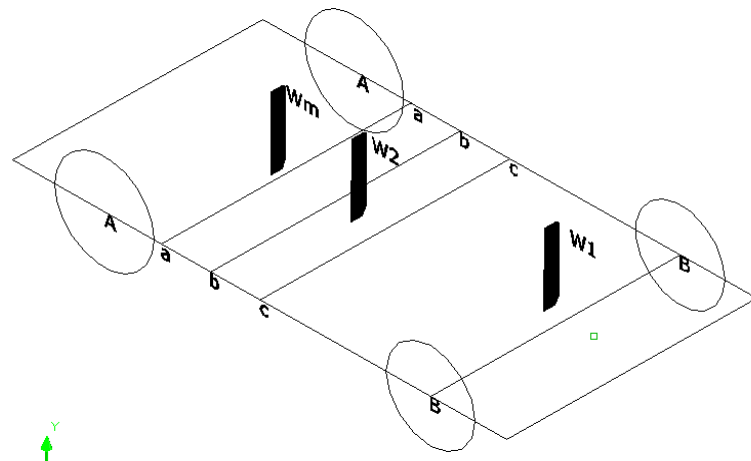
Dengan alternatif rangka yang ada, alternatif desain dengan model rangka H merupakan alternatif yang terbaik untuk acuan pembuatan kendaraan hemat bahan bakar. Karena untuk pembuatannya lebih mudah dan tidak terlalu banyak penyambungan. Dan satu rangka ini menjadi satu rangka utama yang akan menompang mesin dan pengemudi.



Gambar 3.3 Rencana Rangka

Yang dimaksud rangka utama adalah bagian rangka yang memiliki kelurusan dari depan sampai belakang atau tidak terdapat sambungan sehingga akan didapat rangka yang lebih kuat.

Rancangan dibuat seperti gambar, dalam perkembangannya rangka dibuat lebih rumit jika analisis kekuatan terbukti kuat maka rancangan riil bisa lebih kuat. Tinjauan yang sesuai keadaan riil sulit dilakukan secara manual dan perlu perangkat lunak.



Gambar 3.4 Diagram pembebanan

Keterangan gambar:

A, B = Titik tumpu beban kendaraan

a, b dan c = Titik tumpu penampang

W_m = Beban mesin

W_1 = Beban orang di penampang 1

W_2 = Beban orang di penampang 2

Pada analisis rangka kendaraan ini, data dari rangka dan beban statis utamanya adalah:

1. mesin
2. pengemudi
3. *chassis*

Karena beban masing-masing diatas penempatannya simetris sama, maka secara riil tiap-tiap roda baik samping kanan maupun kiri mendapat pembebanan yang sama pula.

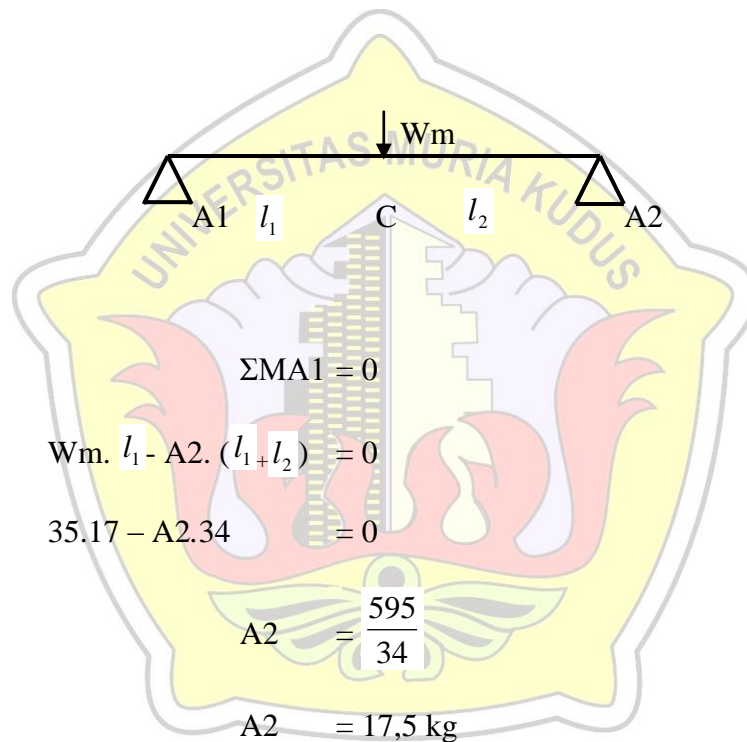
3.3.1. distribusi beban statis pada *frame chassis* kendaraan

1. Distribusi beban statis

- 1) Beban mesin didistribusikan ke sisi kanan dan sisi kiri rangka,
dengan data sebagai berikut:

$$W_m = 35 \text{ kg}$$

$$l_1 = l_2 = 17 \text{ cm}$$



$$\Sigma M_B = 0$$

$$A_1 = A_2 = 17,5 \text{ kg}$$

$$M_C = 13,5 \cdot 17$$

$$= 297,5 \text{ kg.cm}$$

2) Beban pengemudi didistribusikan ke kanan dan ke kiri

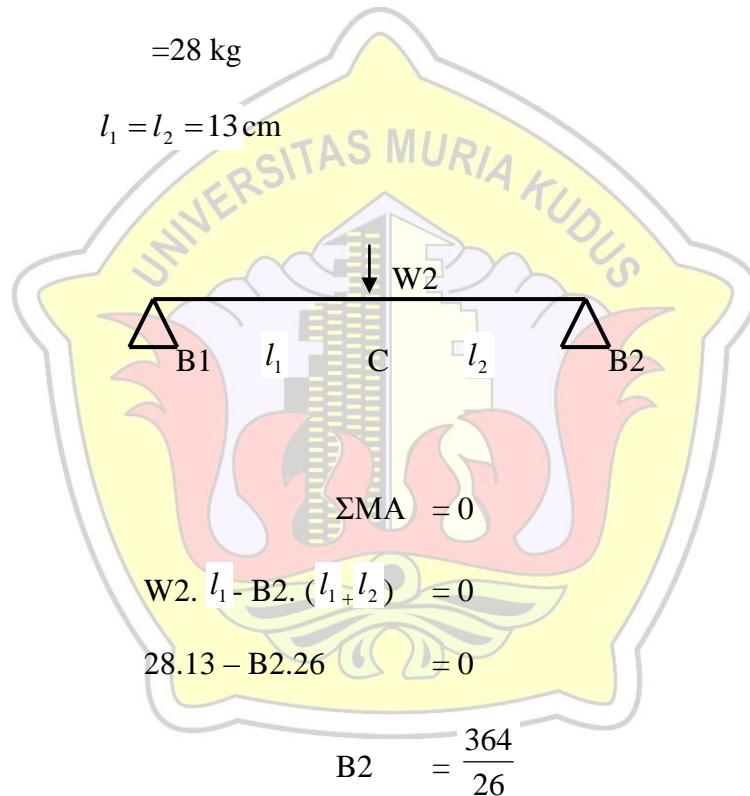
a) Penampang 2

Beban di penampang 2 adalah beban pengemudi sebesar 56 kg, karena beban ini diterima 2 penampang maka beban dibagi 2, jadi beban yang digunakan untuk mengkalkulasi beban dipenampang 2 adalah

$$W2 = 56 \text{ kg} : 2$$

$$= 28 \text{ kg}$$

$$l_1 = l_2 = 13 \text{ cm}$$



$$B2 = \frac{364}{26}$$

$$B2 = 14 \text{ kg}$$

$$1. B1 = B2 = 14 \text{ kg}$$

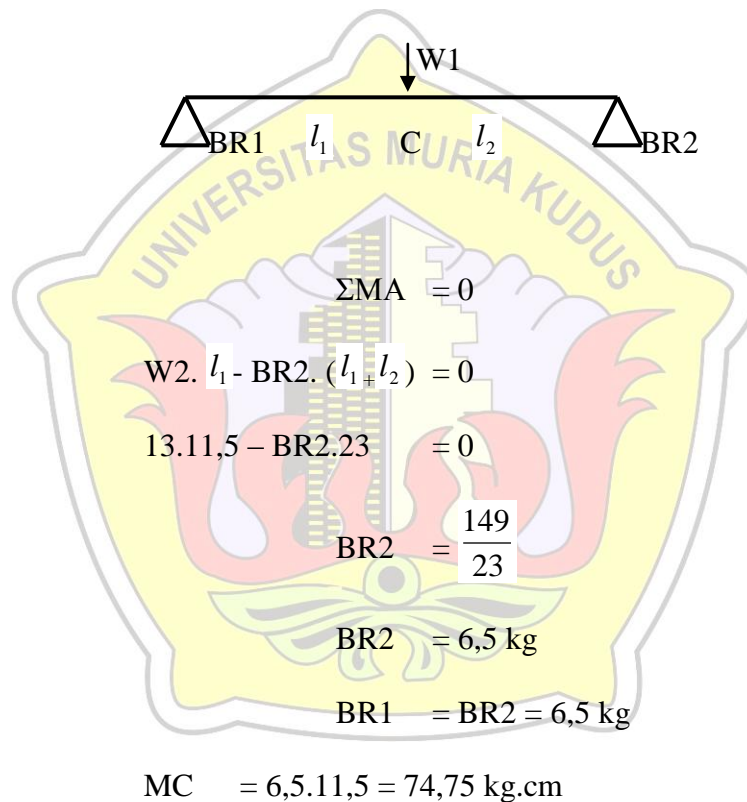
$$MC = 14 \cdot 13 = 182 \text{ kg.cm}$$

b) Penampang 1

Beban yang digunakan adalah beban dari penumpang yang duduk telentang, jadi beban yang didapat adalah beban kaki pengemudi.

$$W1 = 13 \text{ kg}$$

$$l_1 = l_2 = 11,5 \text{ cm}$$



3) Perhitungan reaksi tumpuan rangka utama pada sumbu roda depan dan belakang

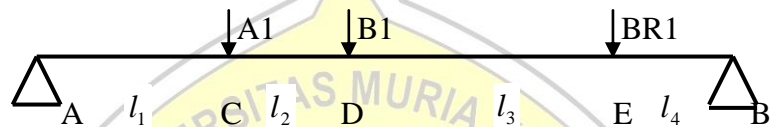
Dari beban yang dihitung diatas, maka dapat digunakan sebagai perhitungan. Beban yang diterima pada sumbu roda depan dan belakang digambarkan dan dapat dihitung dengan data sebagai berikut:

$$A1 = 17,5 \text{ kg} \quad l_1 = 45 \text{ cm}$$

$$B1 = 14 \text{ kg} \quad l_2 = 14 \text{ cm}$$

$$BR1 = 6,5 \text{ kg} \quad l_3 = 73 \text{ cm}$$

$$l_4 = 10 \text{ cm}$$



$$\Sigma MA = 0$$

$$A1 \cdot l_1 + B1 \cdot (l_1 + l_2) + BR1 \cdot (l_1 + l_2 + l_3) - B \cdot (l_1 + l_2 + l_3) = 0$$

$$17,5 \cdot 45 + 14 \cdot 59 + 6,5 \cdot 132 - B \cdot 142 = 0$$

$$787,5 + 826 + 858 - B \cdot 142 = 0$$

$$B = \frac{2471,5}{142} = 17,4 \text{ kg}$$

$$\Sigma MB = 0$$

$$A - A1 \cdot (l_2 + l_3 + l_4) + B1 \cdot (l_3 + l_4) + BR1 \cdot l_4 = 0$$

$$A - 17,5 \cdot 97 - 14 \cdot 83 - 6,5 \cdot 10 = 0$$

$$A \cdot 142 - 1697,5 - 1162 - 65 = 0$$

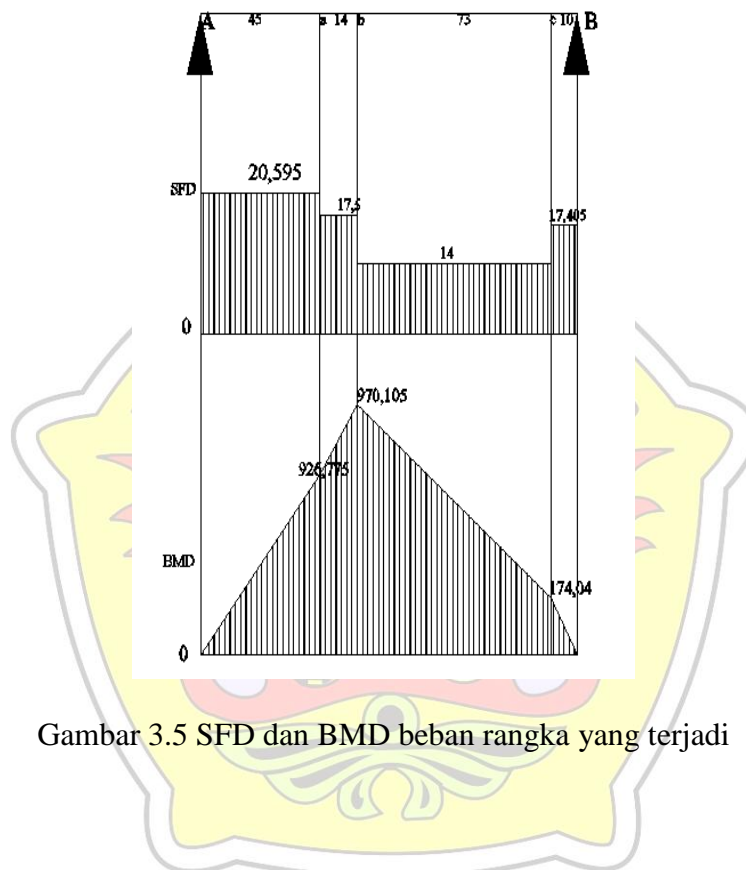
$$A = \frac{2934,5}{142} = 20,6 \text{ kg}$$

$$MC = A \cdot l_1$$

$$= 20,595 \cdot 45 = 926,775 \text{ kg.cm}$$

$$\begin{aligned}
 MD &= A \cdot (l_1 + l_2) - A1 \cdot l_2 \\
 &= 20,595.59 - 17,5.14 = 970,105 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ME &= A \cdot (l_1 + l_2 + l_3) - A1 \cdot (l_2 + l_3) - B1 \cdot l_3 \\
 &= 20,595.132 - 17,5.87 - 14.73 = 174,04 \text{ kg.cm}
 \end{aligned}$$



Gambar 3.5 SFD dan BMD beban rangka yang terjadi

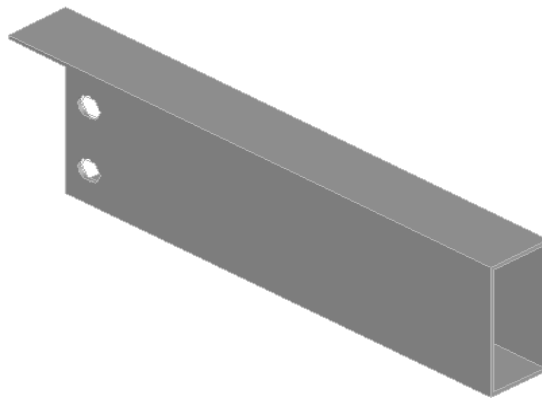
3.3.2. Ditinjau dari tegangan geser

Bahan rangka alumunium paduan 1100 tegangan tarik $90-170 \text{ MPa} = 9,17 \text{ kg/mm}^2$

Angka keamanan : $8, \frac{9,17}{8} = 1,146 \text{ kg/mm}^2$

Tegangan geser ijin bahan $\tau_g = 0,8 \cdot \sigma_{ijin} = 0,8 \cdot 1,146 = 0,92 \text{ kg/mm}^2$

Moment inersia bahan alumunium rangka



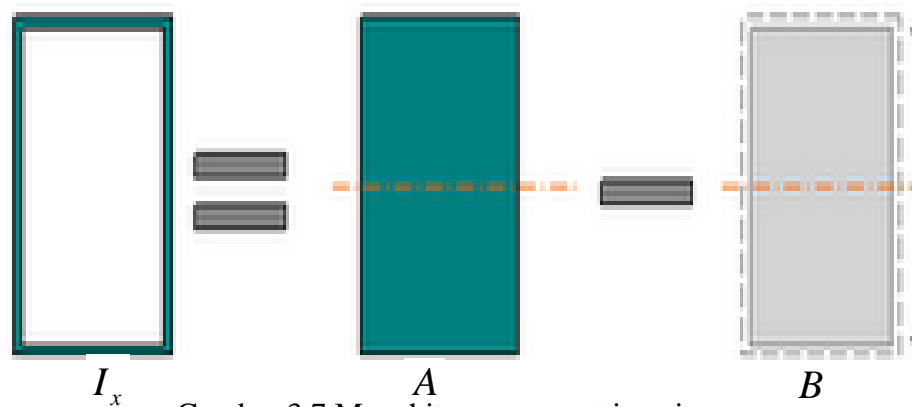
Gambar 3.6 Bentuk bahan rangka

Luas bahan rangka :

$$A = 300 \times 6 + 2 \times 300 \times 6$$

$$A = 3600 \text{ mm}^2$$

Moment inersia :



Gambar 3.7 Menghitung moment inersia

Maka moment inersianya adalah:

$$I_x = \left(\frac{1}{12} \times 300 \times 600^3 \right) - \left(\frac{1}{12} \times 200 \times 400^3 \right)$$

$$I_x = 8354000 \text{ mm}^4$$

Dimana:

I_x = Moment inersia

I_A = Moment inersia bangun A

I_B = Momnet inersia bangun B

y_A = Titik berat A

y_B = Titik berat B

Perhitungan tegangan yang terjadi pada rangka utama, maka yang mampu diterima oleh rangka adalah :

$$\tau = \frac{F_{\max}}{A} = \frac{14}{131,23}$$

$$\tau = 0,106 \text{ kg/mm}^2 < \tau_{ijin}$$

Dimana:

τ = Tegangan (kg/mm^2)

F_{\max} = Gaya normal (kg)

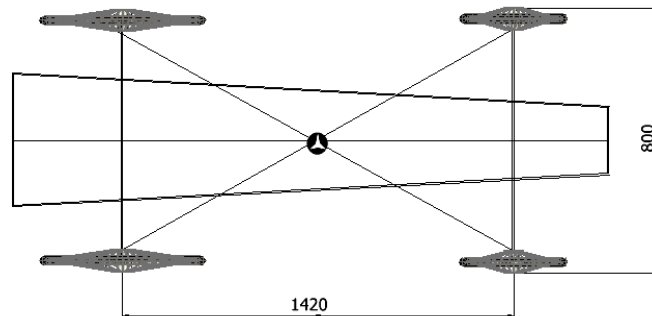
A = Luas (mm^2)

Ditinjau dari tegangan bengkok yang terjadi pada rangka utama

$$\sigma = \frac{M_{\max}}{I_x} = \frac{90,05}{884,55}$$

$$\sigma = 0,102 \text{ kg/mm}^2 < \sigma_{ijin}$$

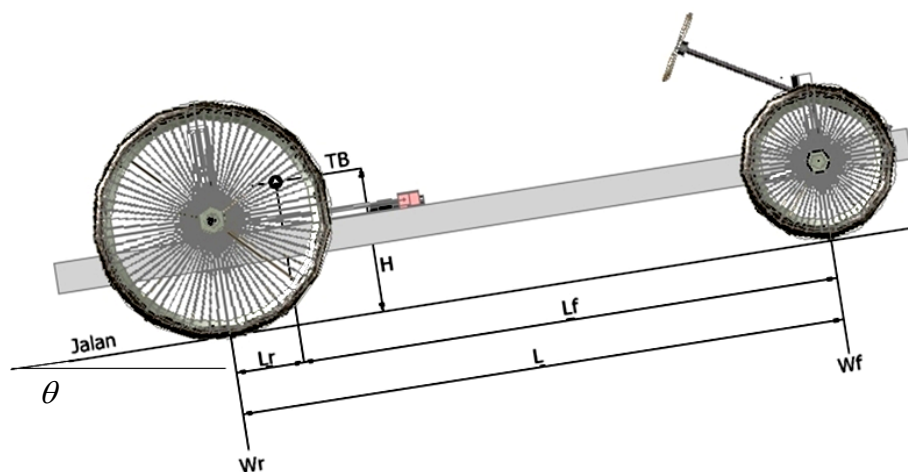
3.3.3. Analisa titik berat



Gambar 3.8 Titik berat kendaraan

Data-data yang didapat:

Beban kendaraan kosong	= 52 kg
Beban pengemudi	= 70 kg
Beban total	= 122 kg
Massa gandar depan	= 16,5 kg
Massa gandar belakang	= 35 kg



Gambar 3.9 Analisa titik berat dari samping

Dimana:

TB = Titik berat

H = Tinggi titik berat

L_f = Jarak titik berat dari poros depan

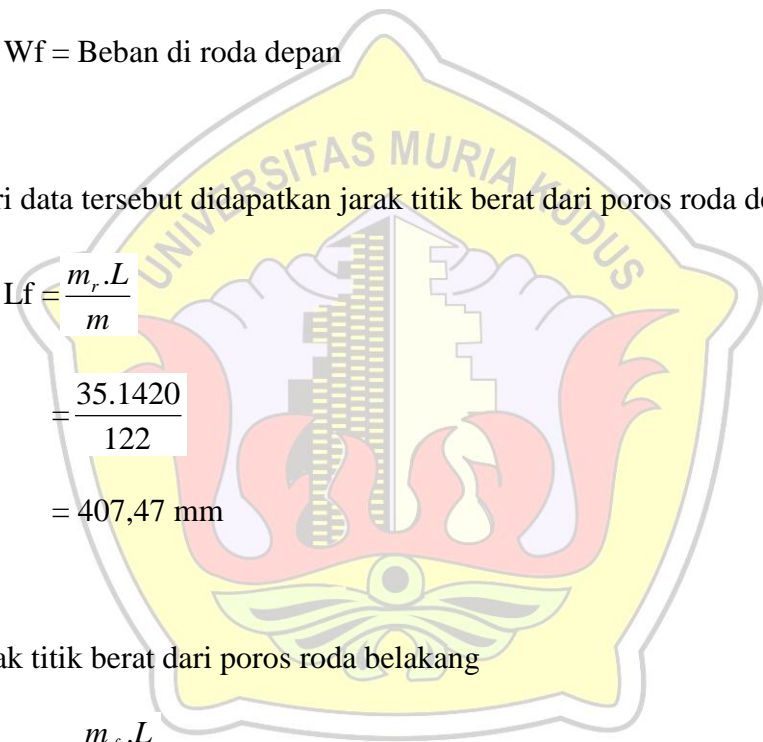
L_r = Jarak titik berat dari poros belakang

L = Jarak sumbu roda

W_r = Beban di roda belakang

W_f = Beban di roda depan

Dari data tersebut didapatkan jarak titik berat dari poros roda depan


$$\begin{aligned} L_f &= \frac{m_r \cdot L}{m} \\ &= \frac{35.1420}{122} \\ &= 407,47 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jarak titik berat dari poros roda belakang

$$\begin{aligned} L_r &= \frac{m_f \cdot L}{m} \\ &= \frac{16,5.1420}{122} \\ &= 192,05 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tinggi titik berat

$$H = r + h_f$$

Dimana,

$$h_f = \frac{m_f \cdot L - m \cdot L_r}{m \cdot \tan \theta}$$

$$\sin \theta = r/L = 0,3/1,42$$

$$\theta = 0,21,$$

Sehingga,

$$h_f = \frac{m_f \cdot L - m \cdot L_r}{m \cdot \tan \theta}$$
$$= \frac{16,5 \cdot 1,42 - 122 \cdot 0,19}{122 \cdot \tan 0,21}$$

$$= \frac{0,25}{0,45} = 0,05 \text{ m}$$

$$H = r + h_f$$
$$= 0,3 + 0,05 = 0,35 \text{ m}$$

3.4 Penghitungan Sambungan Rangka

3.4.1 Sambungan untuk penampang mesin

$$\text{Beban mesin dan chassis} = 35 \text{ kg}$$

$$\text{Beban di titik A} = 17,5 \text{ kg} = 171,675 \text{ N}$$

Spesifikasi baut :

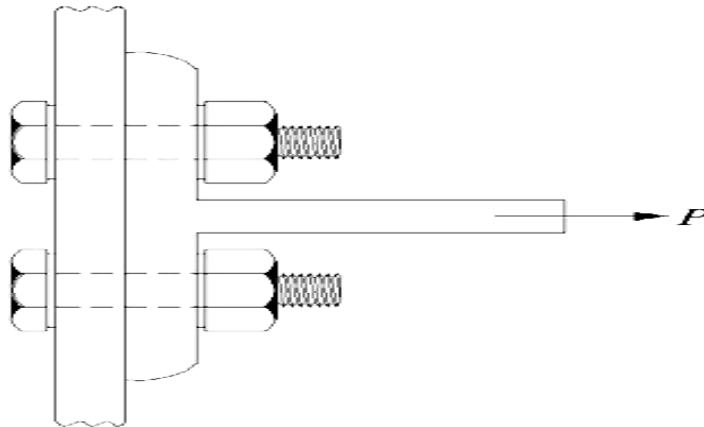
Baja liat dengan kandungan karbon 0,22(%)C

Tegangan tarik ijin $\sigma_a = 60 \text{ kg/m}^2$

Tegangan geser ijin $\tau_a = 0,5 \cdot \sigma_a$

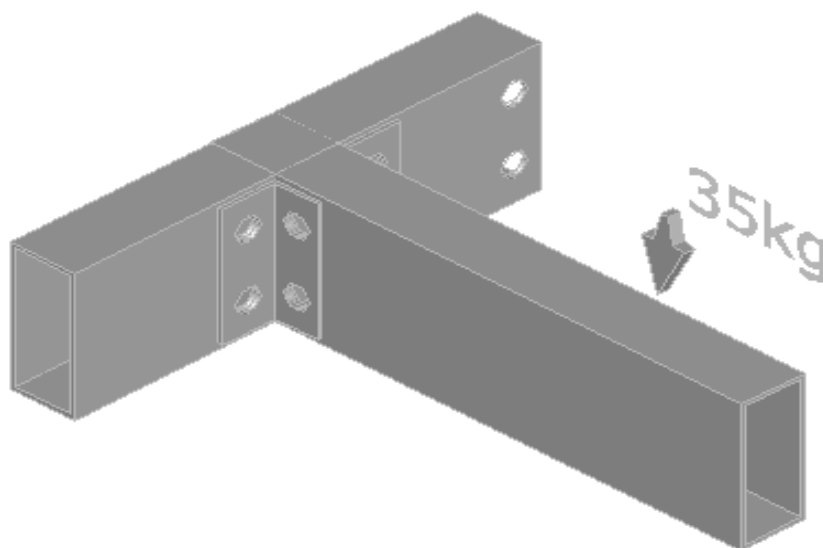
$$\sigma_a = 6 \text{ kg/mm}^2 = \tau_a = 0,5.6 = 3 \text{ kg/mm}^2$$

Model penyambungan adalah baut yang dibebani sejajar dan tegak lurus sumbu baut.



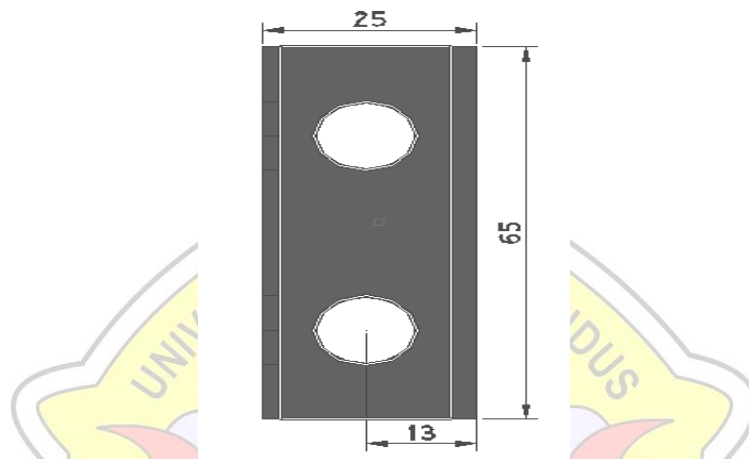
Gambar 3.10 Sambungan baut (Sitanggang, N)

Pada rangka nyatanya penyambungan akan dilakukan seperti gambar dibawah



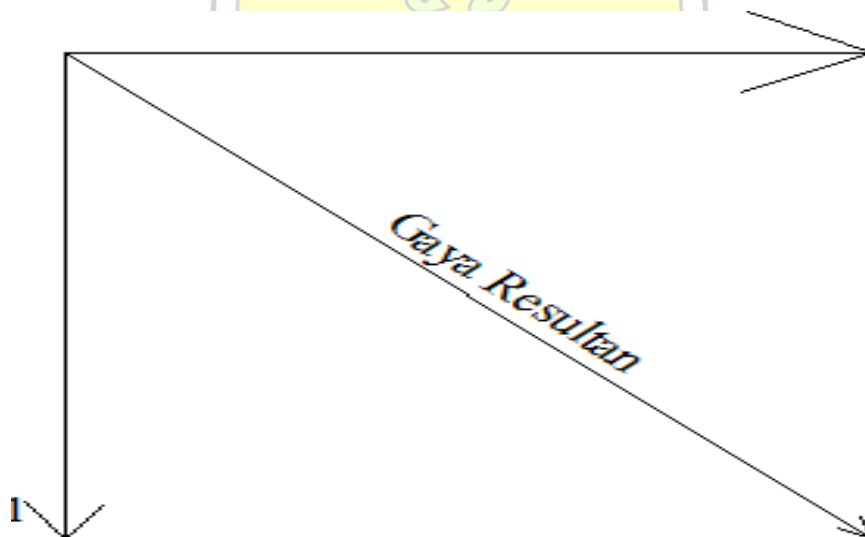
Gambar 3.11 Pembebanan sambungan

Penyambungan dengan menggunakan plat profil L ukuran 25 x 25 x 3 yang memiliki tegangan tarik (terlampir) untuk menyambungkan penampang dengan rangka utamanya..



Gambar 3.12 Plat L penyambung

Dengan penyambungan seperti itu maka baut mengalami gaya resultan, maka:



$$P_s$$

Gambar 3.13 Gaya resultan baut

karena penyambungan terdapat di sisi kanan dan kiri maka beban yang diterima tiap bagian sambungan:

$$\frac{P_A}{2} = \frac{170755}{2} = 85377,5$$

Dan untuk gaya gesernya adalah

$$P_s = \frac{P}{2}$$

$$P_s = \frac{85377,5}{2} = 42688,75$$

Torsi yang terjadi di tiap baut sebesar:

$$T = \frac{F_1}{2} \cdot (12,5^2 + 12,5^2)$$

$$2145,944 = \frac{312,5 \cdot F_1}{2}$$

Gaya (F_1) yang terjadi terhadap baut:

Lebar plat 25 mm, karena sumbu baut berada tepat ditengah plat penyambung, maka $25 : 2 = 12,5$ mm

$$T = \frac{F_1}{2} \cdot (12,5^2 + 12,5^2)$$

$$2145,944 = \frac{312,5 \cdot F_1}{2}$$

$$F_1 = \frac{26824,297}{312,5}$$

$$F_1 = 85,837 N$$

$$F_2 = F_1 \cdot \frac{12,5}{12,5}$$

$$F_2 = 85,837.1$$

$$F_2 = 85,837 N$$

Gaya resultan yang terjadi:

$$F_R = \sqrt{F_s^2 + F_1^2}$$

$$F_R = \sqrt{42188,83^2}$$

$$F_R = 9569$$

Diameter baut

$$F_R = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot \tau$$

$$d^2 = \frac{F_R \cdot 4}{\pi \cdot \tau}$$

$$d^2 = \frac{95,969 \cdot 4}{3,14 \cdot 3}$$

$$d = \sqrt{40,75} = 6,38 \text{ mm}$$

Dengan demikian baut yang akan digunakan adalah M8 dengan spesifikasi baut sebagai berikut:

$$d = 8 \text{ mm}$$

$$d_1 = 6,647 \text{ mm}$$

$$d_2 = 7,188 \text{ mm}$$

$$P = 1,25 \text{ mm}$$

$$H_1 = 0,677 \text{ mm}$$

$$\text{Gaya akibat pengencangan} = 10\% \cdot 171,675 = 17,1675 \text{ N}$$

$$\text{Gaya total} = 171,675 + 17,1675 = 188,325 \text{ N}$$

$$\text{Faktor keamanan} = 1,2$$

$$\text{Maka } W \text{ adalah} = 188,325 \cdot 1,2$$

$$= 225,99 \text{ N}$$

Jumlah baut (n) untuk mengikat di rangka utama pada penampang mesin

adalah 8 baut, maka beban yang diterima baut (W_s):

$$W_s = \frac{W_{total}}{n}$$

$$W_s = \frac{225,99}{8} = 28,25 \text{ N}$$

Maka jumlah ulir (z) adalah:

$$z = \frac{W_s}{\pi d_f H_u}$$

$$z = \frac{28,25}{31,41 \cdot 8,8 \cdot 7,37} = 0,62$$

Tinggi mur:

$$H = z \cdot p$$

$$= 0,62 \cdot 1,25 = 0,775 \text{ mm}$$

Ukuran standar

$$H = 0,8 \cdot p$$

$$H = 0,8 \cdot 1,25 = 1 \text{ mm}$$

Besar tegangan geser yang terjadi, K untuk ulir metris 0,84

$$\tau = \frac{Ws}{\pi d^2}$$

$$\tau = \frac{285}{314 \cdot 0,84^2} = 0,8 \text{ N/mm}^2$$

Pembebanan tegangan geser aksial murni

$$\sigma_t = \frac{Ws}{\left(\frac{\pi}{4}\right) d^2}$$

$$\sigma_t = \frac{285}{\left(\frac{314}{4}\right) 0,84^2} = 0,8 \text{ N/mm}^2$$

3.4.2 Sambungan untuk penampang pengemudi

Beban pengemudi total = 70 kg

Beban diterima 2 penampang, $70:2 = 35 \text{ kg}$

Maka W adalah:

$$= m \cdot f_c$$

$$= 35 \cdot 1,2 = 42 \text{ kg}$$

Beban di titik A = 42 kg $\Rightarrow 411,6 \text{ N}$

Spesifikasi baut :

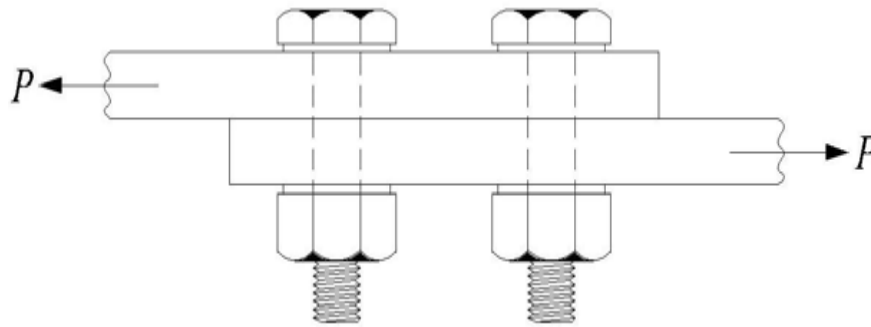
Baja liat dengan kandungan karbon 0,22(%)C

Tegangan tarik ijin $\sigma_a = 6 \text{ kg/mm}^2$

Tegangan geser ijin ~~$\tau_a = 0,5 \cdot 6 = 3 \text{ kg/mm}^2$~~

$$\sigma_a = 6 \text{ kg/mm}^2 = \tau_a = 0,5 \cdot 6 = 3 \text{ kg/mm}^2$$

Sambungan yang digunakan untuk menyambung bagian ini berbeda dengan sambungan sebelumnya. Sambungan ini model sambungan baut dengan 1 irisan (tegangan geser tegak lurus dengan sumbu baut).



Gambar 3.14 Pembebanan sambungan (Sitanggang, N)

Diameter inti baut

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot m}{\pi \cdot \sigma}}$$

$$= \sqrt{\frac{4 \cdot 33,6}{3,14 \cdot 3}} = 4,22 \text{ mm}$$

Untuk keamanan dipilih baut dengan diameter lebih besar, yaitu baut M6.

$$d = 6 \text{ mm}$$

$$d_1 = 4,917 \text{ mm}$$

$$d_2 = 5,350 \text{ mm}$$

$$P = 1 \text{ mm}$$

$$H_1 = 0,541 \text{ mm}$$

Karena penyambungan terdapat di sisi kanan dan kiri maka beban yang diterima tiap bagian sambungan:

$$\frac{P}{2} = \frac{137,34}{2} = 68,67$$

Gaya akibat pengencangan

$$f = 10\% \cdot 68,67 \text{ N}$$

$$= 6,867 \text{ N}$$

$$\text{Gaya total} = 68,67 + 6,867 = 75,537 \text{ N}$$

Jumlah baut (n) 5, maka beban yang akan diterima baut adalah

$$W_s = \frac{W_{total}}{n}$$

$$= \frac{75,537}{5} = 15,107$$

Maka jumlah ulir (z) adalah:

$$z = \frac{W_s}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot q_a}$$

$$z = \frac{15,107}{3,14 \cdot 5,350 \cdot 0,541 \cdot 3} = 0,55 \text{ mm}$$

Tinggi mur:

$$H = z \cdot p$$

$$= 0,55 \cdot 1 = 0,55 \text{ mm}$$

Menurut standar:

$$H = 0,8.p$$

$$H = 0,8.1 = 0,8$$

Besar tegangan geser yang terjadi, K untuk ulir metris 0,84

$$\tau = \frac{Ws}{\pi d^2}$$

$$\tau = \frac{1,507}{31,4159} = 21,8 \text{ N}$$

Pembebanan tegangan geser aksial murni

$$\tau = \frac{Ws}{\left(\frac{\pi}{4}\right) d^2}$$

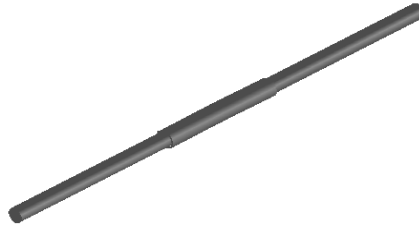
$$\tau = \frac{1,507}{\left(\frac{31,4}{4}\right) 491^2} = 0,795 \text{ mm}^2$$

3.5 Perencanaan dan Perhitungan Poros

Poros adalah bagian dari elemen mesin yang sangat penting. Bukan hanya dalam permesinan produksi saja, pada kendaraan pun poros sangat dibutuhkan untuk mendistribusikan tenaga ke roda supaya kendaraan dapat berjalan sesuai harapan.

Dalam perancangan kendaraan ini terdapat dua poros yang perlu direncanakan, yaitu:

3.5.1 Perencanaan poros utama (poros belakang)



Gambar 3.15 Desain poros belakang

Perhitungan poros belakang jika dengan melihat dari pembebanan dan kecepatan asumsi.

Massa yang akan diterima poros belakang 35 kg.

$F = \text{massa} \cdot \text{gravitasi}$

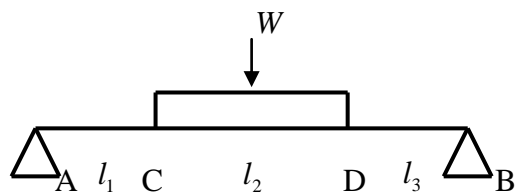
$$F = 35 \text{ kg} \times 9,81 = 343,35 \text{ N}$$

Maka W adalah:

$$W = \frac{f}{l} = \frac{343,35}{25}$$

$$W = 13,734 \text{ N/cm}$$

Berikut gambar dari gaya yang bekerja terhadap poros belakang kendaraan



$$\Sigma M_A = 0$$

$$W \cdot \frac{L}{2} - R_B \cdot L = 0$$

$$13,734 \cdot \frac{25}{2} - R_B \cdot 25 = 0$$

$$1,7345 R_B = 0$$

$$R_B = \frac{1,7345 \cdot 25}{25} = 1,7345$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$R_A = R_B = 171,675 \text{ N}$$

$$M_A = 0$$

$$M_B = 0$$

$$\begin{aligned} M_C &= R_A \cdot 24 \\ &= 171,675 \cdot 24 = 4120,2 \text{ N.cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_D &= R_A \cdot 49 - W \cdot 25 \cdot 12,5 \\ &= 171,675 \cdot 49 - 13,734 \cdot 25 \cdot 12,5 \\ &= 4120,2 \text{ N.cm} \end{aligned}$$

Momentnya sama besar, karena beban terdistribusi secara merata ditengah-tengah poros, besarnya moment yaitu: 4120,2N.cm

Spesifikasi bahan poros:

$$\text{Bahan} = \text{ST 60}$$

$$\text{Tegangan tarik } (\sigma) = 60 \text{ kg/cm}^3$$

$$\text{Massa jenis } (\rho) = 7,89.10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Faktor keamanan } (Sf_1) = 6$$

$$\text{Faktor keamanan } (Sf_2) = 1,3$$

$$\text{Tegangan geser ijin } (\tau) = (0,5-0,75). \sigma$$

$$\tau = \frac{\sigma}{60} = \frac{1116,82}{60} = 18,6137 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maka tegangan geser ijin } (\tau) = (0,5-0,75). \sigma$$

$$\tau = 3,857 = 1,9 \text{ kg/mm}^3$$

$$= 18,639 \text{ N/mm}^3$$

$$\text{Kecepatan (V)} = 50 \text{ km/jam} = 833,35 \text{ m/menit}$$

Massa:

$$\text{a) Mesin} = 35 \text{ kg}$$

$$\text{b) Pengemudi} = 70 \text{ kg}$$

$$\text{c) Chassis} = 17 \text{ kg}$$

$$\text{Massa total} = 122 \text{ kg}$$

$$W = 122.9,81 = 1196,82 \text{ N}$$

Maka daya yang dihasilkan adalah:

$$W.V = 1196,82.833,35$$

$$= 16622,833 \text{ N m/s}$$

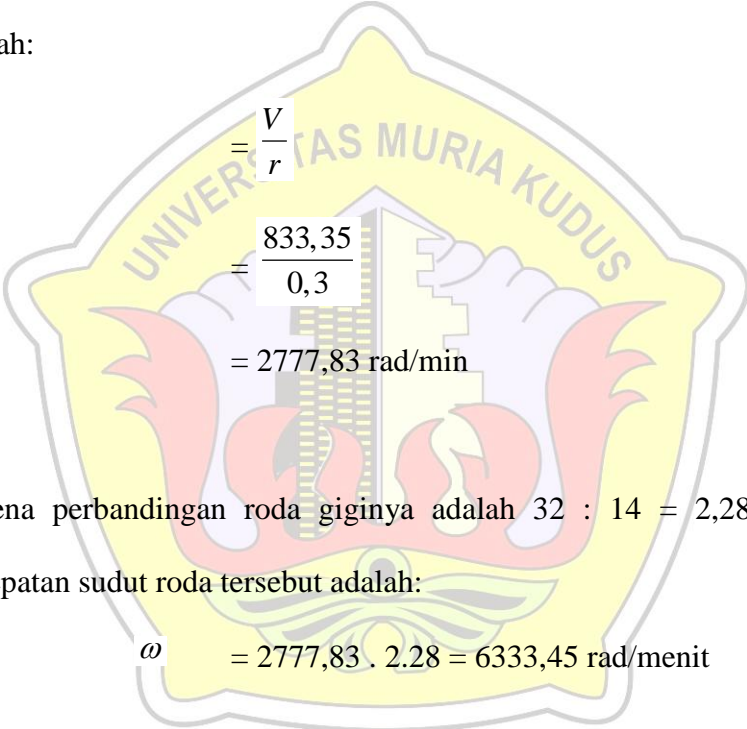
$$= 16,623 \text{ kw} \Rightarrow 22,598 \text{ Hp}$$

Maka torsi yang terjadi adalah:

$$\begin{aligned} T &= W \cdot r \\ &= 1196,82 \cdot 0,3 = 359,046 \text{ N.m} \end{aligned}$$

Maka putaran yang dihasilkan jika kendaraan melaju dengan kecepatan 50km/jam (833,35 cm/menit) adalah:

Jika n = kecepatan putar dalam rpm, maka kecepatan sudut dari roda adalah:


$$\begin{aligned} &= \frac{V}{r} \\ &= \frac{833,35}{0,3} \\ &= 2777,83 \text{ rad/min} \end{aligned}$$

Karena perbandingan roda giginya adalah $32 : 14 = 2,28 : 1$, maka kecepatan sudut roda tersebut adalah:

$$\omega = 2777,83 \cdot 2,28 = 6333,45 \text{ rad/menit}$$

Dan putaran dalam rpm :

$$\begin{aligned} n &= \frac{\omega}{2 \cdot \pi} \\ &= \frac{6333,45}{2 \cdot 3,14} = 1008,52 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Moment puntir ekuivalen

$$T_e = \sqrt{M^2 + T^2}$$

$$= \sqrt{4122^2 + 55,6^2}$$

$$= 4122,53 \text{ Nm}$$

Perhitungan diameter poros yang diijinkan :

$$d = \sqrt[3]{\frac{16.T_e}{\pi.\tau}}$$

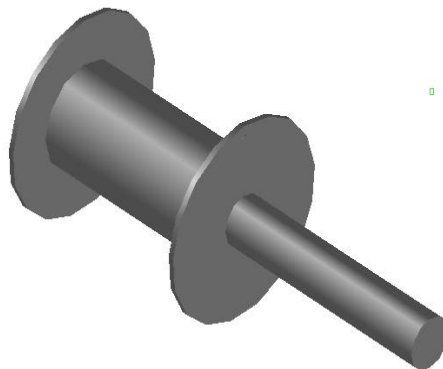
$$= \sqrt[3]{\frac{16361400}{31418,64}}$$

$$= \sqrt[3]{\frac{5782400}{58,526}}$$

$$= \sqrt[3]{98800,53}$$

$$= 46,23 \text{ mm}$$

3.5.2 Perencanaan poros depan (gandar)



3.16 Perencanaan gandar

Data gandar:

Pengemudi di penampang2 = 13 kg

Pegas daun = 3,5 kg

Maka totalnya = 16,5 kg

Karena diterima 2 gandar maka

$$16,5 : 2 = 8,25 \text{ kg}$$

Panjang = 160 mm

Bahan = ST 60

Tegangan tarik (σ) = 60 kg/cm²

Massa jenis = 7,89.10³ kg/m³

Faktor keamanan (Sf_1) = 6

Faktor keamanan (Sf_2) = 1,3

Tegangan geser ijin (τ) = (0,5-0,75). σ

$$\sigma = \frac{\sigma}{Sf_1} = \frac{60}{6} = 10 \text{ kg/mm}^2$$

Maka tegangan geser ijin (τ) = (0,5-0,75). σ

$$\tau = 3,8.5,7 = 1,9 \text{ kg/mm}^2$$

$$= 18,639 \text{ N.mm}^2$$

Maka moment yang terjadi pada poros adalah

$$M = W.L$$

$$= 8,25.160$$

$$= 1320 \text{ kg.mm}$$

Maka diameternya adalah

$$M = \frac{\pi}{32} \cdot \sigma_b \cdot d^3$$

$$1320 = 0,0987 \cdot d^3$$

$$d^3 = 1320 : 0,0987$$

$$d = 12 \text{ mm}$$

3.6 Perencanaan dan Perhitungan Bantalan Poros

3.6.1 Perencanaan bantalan poros utama (poros belakang)

Diameter poros = 45 mm

Nomor seri bantalan = 6009

Diameter dalam (d) = 45 mm

Diameter luar (D) = 75 mm

Lebar bantalan (B) = 16 mm

Radius bantalan (r) = 1,5 mm

Kapasitas nominal dinamis spesifik (C) = 1640 kg

Kapasitas nominal statis spesifik (Co) = 1320 kg

Putaran (n) = 1008,52 rpm

Bantalan pada poros utama :

Bantalan pada titik A (RA) =

$$RA = 132,435N = 17,5 \text{ kg}$$

$$\frac{RA}{Ca} = \frac{132,435}{320} = 0,414$$

(Lampiran 3. Tabel factor V, X, Y pada bantalan)

$$V = 1,2$$

$$X = 0,56$$

$$Y = 2,30$$

Beban ekuivalen

$$Pr = X.V.Fr + Y.Fa$$

$$Pr = 0,56.1,2.17,5 + 2,30.0$$

$$Pr = 11,76 \text{ kg}$$

Perhitungan umur bantalan

Faktor keamanan:

$$f_n = \left(\frac{33.3}{n} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$f_n = \left(\frac{33.3}{1008,52} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,0041625$$

$$f_n = 0,42$$

Faktor umur:

$$f_h = f_n \cdot \frac{C}{P}$$

$$f_h = 0,42 \cdot \frac{1640}{176} = 3,9$$

Umur nominal bantalan:

$$L_n = 500 \cdot f_h^3$$

$$L_n = 500 \cdot 12,9^3$$

$$= 1073344,5 \text{ jam}$$

Umur bantalan

$$L = \left(\frac{C}{P_a} \right)^p \cdot 10^6$$

$$L = \left(\frac{1640}{11,76} \right)^3 \cdot 10^6$$

$$= 2712124,23 \cdot 10^6$$

Umur bantalan menurut sularso

$$L_h = \frac{L}{60 \cdot N}$$

$$= \frac{2712124,23 \cdot 10^6}{60 \cdot 1008,52}$$

$$= 44820202,39 \text{ jam}$$

Keandalan umur bantalan, jika mengambil 99 % :

$$L_n = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot L_h$$

$$= (0,21) \cdot 1 \cdot 1 (44820202,39)$$

$$= 9412242,5 \text{ jam}$$

3.6.2 Perencanaan bantalan poros depan (gandar)

Diameter poros = 12 mm

Nomor seri bantalan = 6001

Diameter dalam (d) = 12 mm

Diameter luar (D) = 28 mm

Lebar bantalan (B) = 8 mm

Radius bantalan (r) = 0,5 mm

Kapasitas nominal dinamis spesifik (C) = 400 kg

Kapasitas nominal statis spesifik (Co) = 229 kg

Bantalan pada poros utama

Bantalan pada titik A (RA):

WA = 8,25kg

$$\frac{RA \cdot 25}{Co} = \frac{8,25}{229} = 0,036$$

(Lampiran 3. Tabel factor V, X, Y pada bantalan)

V = 1,2

X = 0,56

Y = 1,71

Beban ekuivalen:

$$Pr = X.V.Fr + Y.Fa$$

$$Pr = 0,56.1,2.8,25 + 1,71.2,30.0$$

$$Pr = 5,544 \text{ kg}$$

Perhitungan umur bantalan

Faktor keamanan:

$$f_n = \left(\frac{33}{423} \right)^{13} = 0,0016$$

$$f_n = 0,02$$

Faktor umur:

$$f_h = f_n \frac{C}{P}$$

$$f_h = 0,02 \frac{400}{5,54} = 0,0303 \text{ jam}$$

Umur nominal bantalan:

$$L_n = 500 \cdot f_h^3$$

$$L_n = 500 \cdot 0,0303^3$$

$$= 13909063,5 \text{ jam}$$

Umur bantalan

$$L = \left(\frac{C}{P_a} \right)^p \cdot 10^6$$

$$L = \left(\frac{400}{5,54} \right)^3 \cdot 10^6$$

$$= 3764000,92 \cdot 10^6$$

Umur bantalan menurut sularso

$$\begin{aligned}L_h &= \frac{L}{60.N} \\&= \frac{376400,92.10^6}{60.1008,52} \\&= 6220351,32 \text{ jam}\end{aligned}$$

Keandalan umur bantalan, jika mengambil 99 % :

$$\begin{aligned}L_n &= a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot L_h \\&= (0,21) \cdot 1 \cdot 1 (6220351,32) \\&= 1306273,78 \text{ jam}\end{aligned}$$

3.7 Perhitungan Komponen-Komponen *Shock Absorber* dan Pegas Daun Kendaraan

3.7.1 *Shock absorber*

Besarnya diameter kawat yang dipilih harus mampu untuk menahan beban kejut maksimum dari kendaraan serta mampu untuk meredam getaran atau lendutan-lendutan yang terjadi pada kendaraan tersebut sehingga pengendara dapat berkendara dengan nyaman dan nyaman

- 1) Mencari luasan diameter kawat

Diketahui:

Beban pengemudi = 70 kg

Beban mesin dan *chassis* belakang = 35 kg

$$\tau_w = 0,65 \tau_{tar}$$

$$\tau_w = 0,65 \cdot 50 \text{ kg.mm}$$

$$M_w = P \cdot \frac{D}{2} \text{ kg.mm}$$

Mengingat bahwa $M_w = W_w \cdot \tau_w$

Sedangkan $M_w = 16$

Maka besarnya diameter kawat pegas adalah:

$$M_w = W_w \cdot \tau_w$$

Maka:

$$W_w = 0,2d \cdot \tau_w$$

$$105 \frac{D}{2} = 0,2d \cdot 97,5$$

$$0,2d \cdot 97,5 = \frac{105D}{2}$$

$$d^3 = \frac{105 \cdot D}{2 \cdot 0,2 \cdot 97,5}$$

$$d^3 = \frac{105 \cdot D}{0,4 \cdot 97,5}$$

$$d^3 = \frac{105 \cdot 8 \cdot d}{0,4 \cdot 97,5}$$

$$d^2 = \frac{105 \cdot 8}{0,4 \cdot 97,5}$$

$$d = \sqrt{\frac{840}{0,4.97,5}}$$

$$d = \sqrt{\frac{840}{39}}$$

$$d = \sqrt{21,534}$$

$$d = 4,4mm = 5mm$$

Diameter lilitan pegas

$$D = 8.d$$

$$D = 8.5$$

$$D = 40 \text{ mm}$$

2) Jumlah lilitan aktif pegas

Perhitungan jumlah lilitan untuk jenis-jenis jumlah gulungan yang tak aktif (ND) pada pegas tekan:

- kedua ujung pegas polos, putaran kekanan, $ND = \frac{1}{2}$
- kedua ujung pegas persegi dan digerinda, putaran kekanan,
 $ND = 1$
- kedua ujung pegas persegi dan digerinda, putaran kekiri,
 $ND = 2$
- kedua ujung pegas polos dan digerinda, putaran kekiri, ND
 $= 1$

Jenis ujung yang dipakai menghasilkan gulungan-gulungan yang mati atau tak aktif pada setiap ujung pegas tersebut, dan ini harus

dikurangi dari jumlah gulungan total untuk mendapatkan jumlah gulungan yang aktif.

Maka:

$$N = N_T - N_D$$

$$N = 13 - 1$$

$$N = 12$$

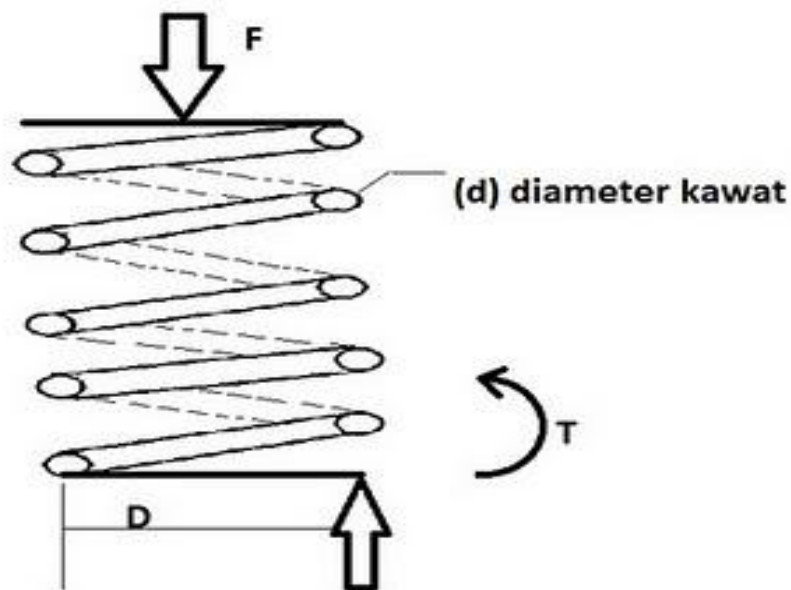
3) Konstanta pegas

Untuk mencari konstanta dan lendutan yang terjadi pada pegas maka harus diketahui terlebih dahulu diameter rata-rata lilitan pegas. Maka, mencari diameter lilitan rata-rata:

$$D_{rata-rata} = \frac{D+d}{2}$$
$$D_{rata-rata} = \frac{40+5}{2}$$
$$D_{rata-rata} = 22,5mm$$

Maka untuk mencari konstanta pegas dapat dicari dengan menggunakan rumus:

$$K = \frac{GD_{rata}^4}{8nd^3}$$



Gambar 3.17 Pegas spiral

$$K = \frac{800025^4}{8125^3}$$

$$K = \frac{2050312500}{12000}$$

$$K = 170859,17 \text{ kg/mm}^2$$

Defleksi/lendutan yang disebabkan oleh beban sebesar W_1 (kg)

$$\delta = \frac{8 \cdot W_1 \cdot d_{rata}^3 \cdot n}{d^4 \cdot G}$$

$$\delta = \frac{8 \cdot 105 \cdot 22,5^3 \cdot 12}{5^4 \cdot 8000}$$

$$\delta = \frac{114817500}{5000000}$$

$$\delta = 22,96 \text{ mm}$$

Panjang pegas spiral sewaktu dibebani beban sebesar 105 kg

$$L_1 = 8d + N.D_p$$

$$L_1 = 40 + 12 + 14$$

$$L_1 = 66 \text{ mm}$$

Dimana:

L_1 = Panjang pegas sewaktu dibebani (mm)

$D = 8.d$ = Diameter pegas (mm)

Panjang pegas sebelum diberi beban

$$L_0 = L_1 + \delta$$

$$L_0 = 66 + 22$$

$$L_0 = 88 \text{ mm}$$

Dimana:

L_0 = Panjang pegas sebelum diberi beban (mm)

L_1 = panjang pegas sewaktu dibebani (mm)

δ = lendutan/defleksi (mm)

Jika diameter kawat adalah d_s (mm), maka besarnya moment tahanan puntir kawat adalah:

$$W_w = \left(\frac{\pi}{16}\right).d^3$$

$$T = \left(\frac{D}{2}\right).W_1$$

Maka tegangan gesernya adalah:

$$\tau_a = \frac{T}{W_w} = \frac{16}{\pi \cdot d^3} \cdot \frac{D \cdot W_1}{2}$$

$$\tau_a = \frac{8 \cdot D \cdot W_1}{\pi \cdot d^3} \text{ kg/mm}^2$$

$$\tau_a = \frac{8 \cdot 40 \cdot 105}{3,14 \cdot 7^3}$$

$$\tau_a = 31,19 \text{ kg/mm}^2$$

Mencari tegangan tekan yang diijinkan pada bahan, maka didapat dengan menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \sigma_{tekan} &= \frac{\sigma_{\max}}{V} \\ \sigma_{tekan} &= \frac{3119}{12} \\ \sigma_{tekan} &= 2,6 (\text{kg/mm}^2) \end{aligned}$$

Dimana:

$$\sigma_{tekan} = \text{tegangan tekan yang diijinkan pada bahan}$$

(kg/mm²)

$$\sigma_{\max} = \text{tegangan maksimal bahan}$$

$$V = \text{factor keamanan}$$

Tegangan tekan yang terjadi pada bahan

$$\sigma_{tekan} = \frac{F}{A}$$

Dimana:

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$A = 0,785 d^2$$

$$A = 19,625 \text{ mm}^2$$

Maka:

$$\sigma_{tekan} = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_{tekan} = \frac{105}{19,625}$$

$$\sigma_{tekan} = 5,3 (\text{kg/mm}^2)$$

Dimana:

σ_{tekan} = tegangan tekan yang terjadi (kg/mm^2)

F = beban maksimal (kg)

A = Luas penampang (mm^2)

Dari perhitungan yang telah dilakukan ternyata $\sigma_{tekan} < \sigma_{tekan}$ atau $(2,6 \text{ kg/mm}^2) < (5,2 \text{ kg/mm}^2)$, maka bahan cukup kuat dan aman untuk digunakan.

Poros

Untuk mencari dimensi poros yang akan digunakan sebagai peredam pada suspensi maka harus menghitung terlebih dahulu luas

penampang atau diameter poros yang akan digunakan dengan asumsi bahwa poros yang akan digunakan terbuat dari bahan baja S30C, maka:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$48 = \frac{105}{0,785 \cdot d^2}$$

$$0,785 \cdot d^2 \cdot 48 = 105$$

$$d = \sqrt{\frac{105}{0,785 \cdot 48}}$$

$$d = 1,67 \text{ mm} = 4 \text{ mm}$$

Ternyata dengan beban 105 kg dengan bahan poros yang sama tidak memerlukan diameter yang besar seperti pada poros sepeda motor yang berdiameter 10 mm.

Mencari panjang poros

$$L = 10 \cdot d$$

$$L = 10 \cdot 10$$

$$L = 100 \text{ mm}$$

Dimana:

L = Panjang poros (mm)

d = Diameter poros (mm)

Mur dan baut

Perhitungan mur dan baut dilakukan untuk mengetahui diameter minimum dari mur. Faktor yang harus diperhatikan dalam perencanaan adalah gaya yang bekerja pada mur baut.

menentukan diameter mur pada batang penghubung d (mm), besarnya nilai

tegangan yang diijinkan τ_a 6 kg/mm^2 atau sama dengan $58,8 \text{ N/mm}^2$.

$$d \geq \sqrt{\frac{4F}{\pi \cdot \tau_a}}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 105}{3,14 \cdot 6}}$$

$$d \geq 4,72 \text{ mm}$$

Perancang memilih baut M6 untuk keamanan

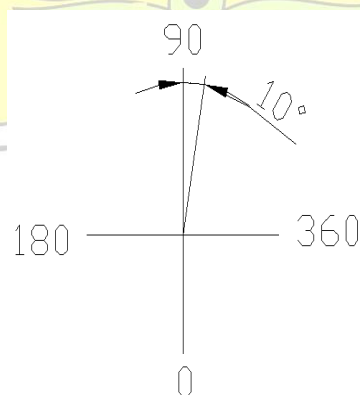
Keterangan:

τ_a = Tegangan geser yang diijinkan (kg/mm^2)

F = Beban (kg)

d = Diameter (mm)

Gaya yang terjadi pada suspensi



Gambar 3.18 Gaya pembebanan

$$P_y = \cos \phi \cdot F$$

$$= \cos 10 \cdot 105$$

$$= 103,4 \text{ kg}$$

Dimana:

P_y = Gaya yang terjadi pada sumbu y terhadap beban P

$\cos \phi$ = Besarnya susut yang terjadi terhadap sumbu y

P = Beban yang terjadi

3.7.2 Perhitungan pegas daun

Dengan inovasi perancang, penggunaan pegas daun dapat digunakan untuk menjadi pegas yang multi fungsi. Selayaknya fungsi pegas daun, perancang juga merancang untuk dapat digunakan sebagai lengan ayun kendaraan. Berikut perhitungan untuk pegas daun.

Direncanakan:

Beban = 16,5 kg

Panjang pegas daun (L) = 70 cm

Lebar (b) = 5 cm

Tebal (t) = 0,3 cm

Spesifikasi pegas daun:

$$\sigma = 250 \text{ MPa}$$

$$E = 210 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$$

Maksimum beban terletak ditengah, maka:

Tegangan bengkoknya adalah:

$$\begin{aligned} M &= W.L \\ &= 16,5.35 \\ &= 577,5 \text{ kg.cm} \end{aligned}$$

Section modulus

$$\begin{aligned} Z &= \frac{bt^2}{6} \\ &= \frac{5.0,3^2}{6} \\ &= \frac{0,45}{6} = 0,075 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk tegangan bengkoknya

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{M}{Z} \\ &= \frac{6.577,5}{0,075} \\ &= 462 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

Dan untuk defleksinya adalah:

Momen inersia

$$\begin{aligned} I &= \frac{L.b^3}{12} \\ &= \frac{705^3}{12} = \frac{8750}{12} \end{aligned}$$

$$=729,16 \text{ cm}^4$$

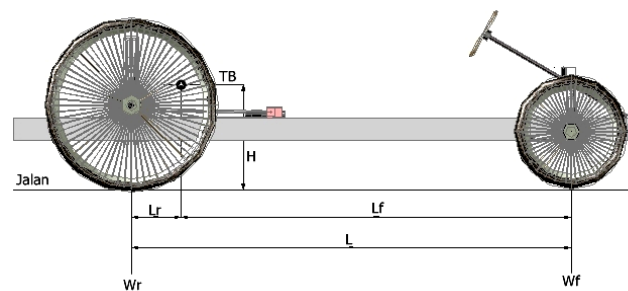
Defleksinya

$$\begin{aligned}\delta &= \frac{WL^3}{3EI} \\ &= \frac{1650}{32000000} \\ &= \frac{569500}{45930000} = 12,32 \cdot 10^{-3} \text{ cm}\end{aligned}$$

3.8 Perhitungan Kendaraan Berdasarkan Kapasitas Gesek

Dalam menentukan gaya gesek maksimum antara ban dengan jalan dapat ditentukan dari koefisien adhesi jalan dan parameter berat kendaraan.

3.8.1 Gaya traksi kendaraan



Gambar 3.19 Titik berat kendaraan

Dimana:

TB = Titik berat

H = Tinggi titik berat

L_f = Jarak titik berat dari poros depan

L_r = Jarak titik berat dari poros belakang

L = Jarak sumbu roda

W_r = Beban di roda belakang

W_f = Beban di roda depan

Diketahui sebelumnya:

$$L = 1420 \text{ mm}$$

$$L_f = 407,47 \text{ mm}$$

$$L_r = 192,05 \text{ mm}$$

$$H = 0,35 \text{ m}$$

$$\mu = 0,75 \text{ (lampiran)}$$

$$F_r = 0,014 \text{ (lampiran)}$$

Untuk gaya traksinya adalah:

$$F_x = \frac{\mu W (L_f - f_r H) / L}{1 - \frac{\mu H}{L}}$$
$$= \frac{0,75 \cdot 1196,82 \cdot (0,40 - 0,014 \cdot 0,35) / 1,42}{1 - \frac{0,75 \cdot 0,35}{1,42}} = 306,39 \text{ N}$$

3.8.2 Analisa perancangan rem

Persamaan umum untuk sistem pengereman menurut hukum newton II untuk sumbu x, persamaannya dapat dilihat di bawah ini:

$$\sum F = m.a$$

$$F_{rem} - F_x = m.a$$

Maka

$$F_{rem} = F_x + m.a$$

$$V = V_0 - a.t$$

Dimana:

a = Perlambatan linier (m/s^2)

V_0 = Kecepatan Awal (m/s)

V = Kecepatan akhir (m/s)

t = Waktu perlambatan (s)

F_{rem} = Gaya pengereman (N)

F_x = Gaya normal kendaraan

Sehingga jika

$$V_0 = 50 \text{ km/jam} = 13,89 \text{ m/detik}$$

$$V = 0 \text{ m/s}$$

$$t = 2 \text{ s (diasumsikan)}$$

$$V = V_0 - a.t$$

Maka percepatan yang dialami

$$\begin{aligned} a &= \frac{V_0 - V}{t} \\ &= \frac{13,89 - 0}{2} \\ &= 6,95 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

Gaya pengeramannya adalah:

$$\begin{aligned} F_{rem} &= F_x + m.a \\ &= 3492,09 + 122.6,95 \\ &= 4339,99 \text{ N} \end{aligned}$$

3.8.3 Analisa gaya gesek ban

Gaya kendaraan yang terjadi adalah

$$\begin{aligned} N &= m.g \\ &= 122.9,81 \\ &= 1196,82 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= \mu_k . N \\ &= 0,75.1196,82 \\ &= 897,62 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka gaya yang diterima tiap ban adalah

$$F = \frac{897,62}{4} = 224,41 \text{ N}$$

Gaya yang terjadi ditiap permukaan ban jika luas permukaan ban yang bersinggungan dengan jalan adalah

$$\begin{aligned} L &= p.l \\ &= 8.3 = 24 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka gayanya adalah

$$\begin{aligned} &= 224,41.24 \\ &= 5385,84 \text{ N.cm} \end{aligned}$$

3.9 Perhitungan Gaya Hambat yang Terjadi Pada Kendaraan



Gambar 3.20 Rencana Desain *Body* Kendaraan

Secara sederhana perancang memperhitungkan gaya hambat yang terjadi pada kendaraan yang dialami kendaraan dengan kecepatan 50 km/jam. Dengan data sebagai berikut, maka:

Direncanakan:

Beban:

- a. Beban pengemudi = 70 kg
- b. Beban mesin = 35 kg
- c. Lain-lain = 17 kg
- Total = 122 kg

$$\mu_k \text{ roda} = 0,75 \text{ (lampiran)}$$

$$\text{Kecepatan (V)} = 50 \text{ km/jam} = 13,89 \text{ m/detik}$$

$$\rho \text{ udara} = 1,18 \text{ kg/m}^3 \text{ (25}^\circ \text{ C)}$$

Maka untuk gaya kendaraan yang terjadi adalah

$$\begin{aligned} N &= m \cdot g \\ &= 122 \cdot 9,81 \\ &= 1196,82 \text{ N} \\ F_1 &= \mu_k \cdot N \\ &= 0,75 \cdot 1196,82 \\ &= 897,62 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka daya kendaraan tanpa hambatan adalah

$$\begin{aligned} &= F_1 \cdot V \\ &= 897,62 \cdot 13,89 \\ &= 122467,94 \text{ N.m/detik} \end{aligned}$$

Untuk gaya hambat angin atau tekanan yang terjadi pada permukaan datar jika kecepatan anginnya rata-rata kecepatan angin lingkungan adalah

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{V^2}{2 \cdot g} \cdot \rho \cdot g \\
 &= \frac{13,89}{2 \cdot 9,81} \cdot 1,18 \cdot 9,81 \\
 &= 113,83 \text{ N/m}^2
 \end{aligned}$$

Dimana:

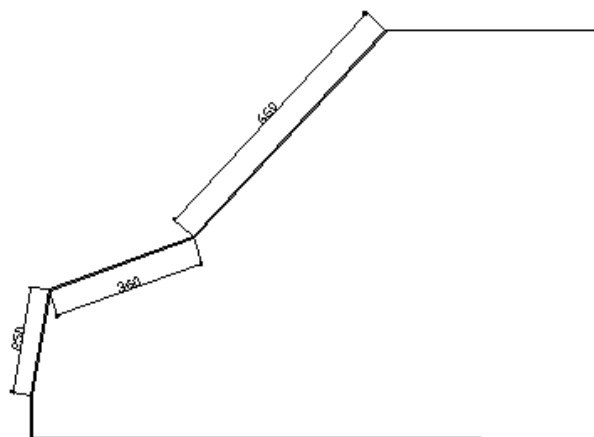
P: Tekanan (N/m^2)

V: Kecepatan (km/jam)

g : Kecepatan gravitasi (m/detik)

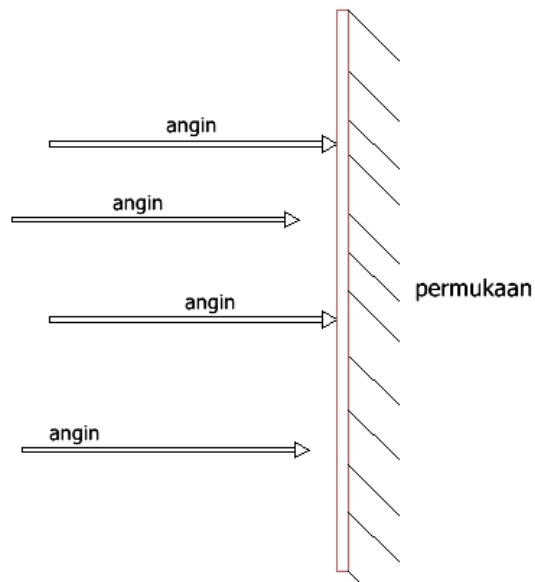
ρ : Berat jenis udara (kg/m^3)

Gaya hambat yang terjadi pada saat permukaan diam adalah



Gambar 3.21 Ukuran permukaan

Perhitungan gaya jika tekanan udara menekan pada permukaan datar dengan kecepatan yang telah ditentukan



Gambar 3.22 Gaya pada permukaan datar

1) Permukaan 1

$$\begin{aligned}
 F_2 &= P.A \\
 &= 113,83.(0,67.0,8) \\
 &= 61,01 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

2) Permukaan 2

$$\begin{aligned}
 F_2 &= P.A \\
 &= 113,83.(0,36.0,8) \\
 &= 32,78 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

3) Permukaan 3

$$F_2 = P.A$$

$$= 113,83.(0,25.0,8)$$

$$= 22,76 \text{ N/m}$$

Gaya kendaraan jika terjadi hambatan pada saat kendaraan melaju adalah

1) Permukaan 1

$$= (F_1 + F_2).V$$

$$= (897,62 + 61,01). 13,89$$

$$= 13315,37 \text{ N/m}^2$$

2) Permukaan 2

$$= (F_1 + F_2).V$$

$$= (897,62 + 32,78). 13,89$$

$$= 12923,26 \text{ N/m}^2$$

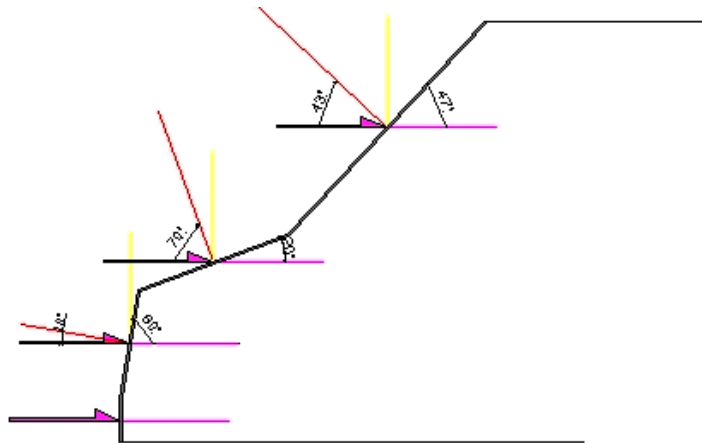
3) Permukaan 2

$$= (F_1 + F_2).V$$

$$= (897,62 + 22,76). 13,89$$

$$= 12784,08 \text{ N/m}^2$$

Hambatan yang terjadi di permukaan jika permukaan tersebut dibuat sudut sesuai dengan aeronomi kendaraan adalah



Gambar 3.23 Ukuran sudut permukaan

Gaya hambat pada permukaan 1

$$\begin{aligned}
 &= F_2 \cdot \cos 43 \\
 &= 61,01 \cdot 0,73 \\
 &= 44,54 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

Gaya hambat pada permukaan 2

$$\begin{aligned}
 &= F_2 \cdot \cos 70 \\
 &= 32,78 \cdot 0,34 \\
 &= 11,15 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

Gaya hambat pada permukaan 3

$$\begin{aligned}
 &= F_2 \cdot \cos 20 \\
 &= 22,76 \cdot 0,98 \\
 &= 22,3 \text{ N/m}
 \end{aligned}$$

Gaya kendaraan jika melaju dengan permukaan yang bersudut adalah

1) Permukaan 1

$$\begin{aligned} &= (F_1 + F_2) \cdot V \\ &= (897,62 + 44,54) \cdot 13,89 \\ &= 13086,6 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

2) Permukaan 2

$$\begin{aligned} &= (F_1 + F_2) \cdot V \\ &= (897,62 + 11,15) \cdot 13,89 \\ &= 12622,82 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

3) Permukaan 3

$$\begin{aligned} &= (F_1 + F_2) \cdot V \\ &= (897,62 + 22,3) \cdot 13,89 \\ &= 12777,75 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

Maka dengan perubahan sudut yang dilakukan perancang ternyata bisa menurunkan hambatan angin yang dapat mempengaruhi laju kendaraan.

